

## 真空内ステージの駆動軸の動作干渉による移動不良

米屋技術士事務所 金友正文\*

\*かねとも まさふみ：代表 技術士（機械部門，情報工学部門）  
URL：https://www.kbtkomeya.com/

### はじめに

われわれの真空との初めての出会いは、トリチウムの真空で、物理学の世界である。一端が閉じられた1mのガラス管に水銀を入れ、水銀を満たした容器の中にガラス管の開放した一端を差し込み、閉じられた端部を上方向に向けて保持すると、図1に示すように、水銀柱の高さが760mmの一定値となる。このガラス管の上部の空間が真空で、この真空の力と容器の水銀を押し付ける大気による力の差が、水銀柱760mmということである。

工業の世界では真空技術はマイナーで、その技術者の数は少ないが、半導体製造装置の世界では不可欠な技術となっている。われわれの前に初めて姿を現した重力を引き起こすヒッグス粒子は、超高真空下で衝突する粒子の分析からであった。この水銀柱の高さを $10^{-7}$ mmとするならば、その環境の圧力は $1 \times 10^{-7}$ Torrになる。このような低い

水銀柱の高さであるナノメートルオーダーの寸法は計測することができないので、真空中の電子の動きに変換して、その圧力を求めている。

この真空内で、例えばビームに対して、サンプルをある決められた距離移動させるニーズが真空内機構装置の分野で発生する。このとき、真空はステンレスの容器内につくり出すので、この環境に運動を導入することになる。特に $10^{-6}$ Torr以下の高真空と呼ばれる環境内に運動を導入する場合、使用できる機械要素は限定的となる。真空内にステージ、モータを入れて、移動台上にサンプルを載せる構造がシンプルであるが、圧力を維持しながら、真空内に機構系、モータを配置することは、至難の業である。

というのは、真空を維持するには、その環境のガスをポンプで吸引し、真空容器から排出しなければならないからである。このとき、仕様である真空を維持するために真空ポンプの排気能力を超えたガスを許容することはできない。移動台、モータは、そのスムーズな動きを得るため、軸受に転がり軸受が使用されており、潤滑剤を使用している。メーカーのカタログで保証されている定格荷重とこれに付随する転がり軸受の寿命は、潤滑がなされた状態がその条件となっている。これらの潤滑剤は、その蒸気圧が高く、減圧環境下で多量のガスを放出するものが多いので、大気環境で使用する潤滑剤を真空環境下で使用することはできない。真空用の潤滑剤はその種類が少なく、放出ガスが金属表面と同程度のものはない。また、モータを真空中に入れた場合、ステータの巻線からの放出ガスが多く、この構造も採用することはできない。

ということで、ある条件下で使用する移動台は、

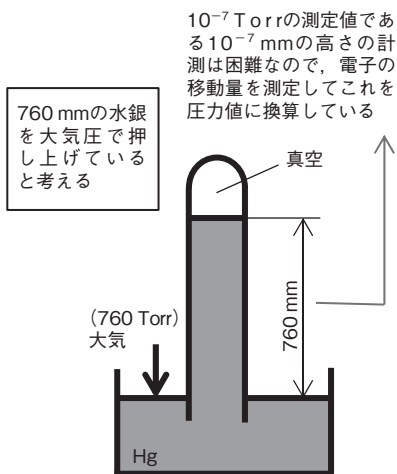


図1 水銀の液面高さによる圧力の計測

大気中にモータ、移動台を取り出して、運動のみを真空中に導入する構造が採用される場合が多い。この方法では、潤滑剤は大気中に配置した駆動系に塗布することになるので、真空環境に悪影響を与えることはない。

ここで説明する事例はこの構造を採用しており、大気中に配置した2軸の移動台をモータで駆動し、その動作を真空中に導入する。2軸の移動量が±5 mmと小さく、かつ真空環境の圧力が $10^{-7}$  Torrと低く、さらに位置決め精度が±5 μmとなっていたためである。この2軸の干渉のトラブル内容と合わせて、真空内に運動を導入する際の機械要素技術について解説する。

## トラブルの内容

図2に、 $10^{-7}$  Torrの真空環境に配置した軸先端を側面図の紙面内のX平面内でYZの2方向に移動させる真空内移動機構を示す。軸先端は、真空外部に配置した2段に積み重ねたステージをYZ方向に駆動して移動させる構造となっている。真空内にX方向に移動するステージが配置されている。このステージの駆動機構は真空外部に配置しているが、本事例の説明に使用しないので図2に示していない。

真空外部に配置したYZステージと真空内部のXステージによって、軸先端が試料に対して3次元移動を可能としている。YZ移動の駆動源は、モータと案内を一体化した構造の駆動モータ<sup>1)</sup>で、モータの回転により先端の微小移動を得ることができる。駆動モータの動きを各ステージに伝える機構として、てこによる回転運動を使用している。てこは「支点」、「作用点」、「力点」で構成される単純な要素機構で、精密移動機械の動力伝達機械要素として好んで使用される。

YZステージの駆動機構の構造をわかりやすく説明するために、図3にその斜視図を示す。移動台を駆動するYモータはYZステージの固定台に取り付けており、てこを用いてモータ先端の作用点の動きをYステージに伝えている。ZモータはYステージに取り付けており、同様にてこを用いてその動きをZステージに伝えている。てこの支点となる回転軸は、転がり案内を用いてスムーズな動きを得ており、モータ先端とてこ部品が接触する力点は鋼球とフラット面のすべり、てこ各ステージが接触する作用点は力点と同様の鋼球と超硬チップのフラット面のすべり構造となっている。

移動ステージの案内は、ころを転動体として用いたクロスローラー軸受<sup>2)</sup>を使用している。各移動ステージは、てこによって一方向に移動する構

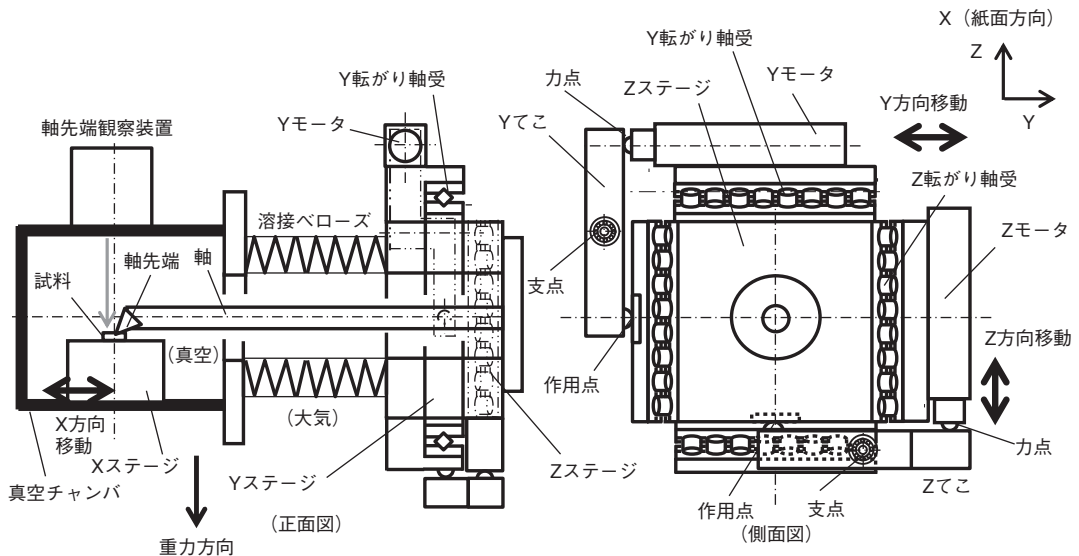


図2 真空内XZ運動導入機構